

УДК 621.039:504.064

Ю. В. Бончук✉

Державна установа “Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України”, вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050, Україна

РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНІЧНІ ПРИНЦИПИ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗМІРІВ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗОН СПОСТЕРЕЖЕННЯ АЕС

У статті проаналізовано вимоги законодавчих і нормативних документів України щодо призначення зон спостереження атомної електростанції, радіаційно-гігієнічних принципів обґрунтування їх розмірів, а також інших аспектів їх функціонування. Детально розглянуто нашарування вимог до зон спостереження, що поєднують у них "моніторингове" призначення та "протиаварійну" функціональність. Надано пропозиції щодо змін у законодавчих і нормативних документах України, імплементація яких дозволить не тільки вирішити проблеми із зонуванням довкола АЕС та інших радіаційно-ядерних об'єктів, але й гармонізувати законодавство України з регулюючими вимогами Євросоюзу.

Ключові слова: зона спостереження, АЕС, запроектна аварія, аварійний викид.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2015. Вип. 20. С. 25–41.

Yu. V. Bonchuk✉

State Institution “National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Melnykov str., 53, Kyiv, 04050, Ukraine

Radiation and hygienic principles for substantiation of sizes and functioning of observation areas of NPPs

The article analyzes the requirements of legislative and regulatory documents of Ukraine regarding purposes of observation areas of nuclear power plants, radiation and hygienic principles for substantiation of their sizes and other aspects of their functioning. It was considered in detail the layering of requirements for observation areas, which combine their "monitoring" purposes and "emergency" functionality. The proposals for changes in legislative and regulatory documents of Ukraine are given. Their implementation will not only solve the problem of zoning around NPPs and other radiation and nuclear facilities, but also to harmonize the legislation of Ukraine with the regulatory requirements of the European Union.

Key words: observation area, NPP, beyond design basis accident, emergency release.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2015;20:25-41.

✉ Бончук Юрій Васильович, e-mail: bonchuk@rpi.kiev.ua

ВСТУП

Зони спостереження (ЗС) радіаційно-ядерних об'єктів, взагалі, і атомних електростанцій (АЕС), зокрема, є специфічними територіальними утвореннями, які характерні для пострадянських країн. В інших країнах з радіаційно-ядерними об'єктами немає точного аналогу таких зон. А втім, наявність ЗС АЕС відіграє позитивну роль у забезпеченні радіологічного захисту населення, яке мешкає у ЗС. Однак законодавчі і нормативні документи України містять різнопланові вимоги до ЗС, які призводять не тільки до суперечностей при їх безпосередній імплементації, та навіть до неможливості одночасної реалізації усієї покладеної на ЗС функціональності.

**ВИМОГИ ДО ЗОН СПОСТЕРЕЖЕННЯ
У ЗАКОНОДАВЧИХ І НОРМАТИВНИХ
ДОКУМЕНТАХ УКРАЇНИ**
Зони спостереження АЕС і моніторинг

Встановлення зони спостереження навколо АЕС вимагається такими документами:

- ▶ Закон України “Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку” від 08.02.1995 р. №39/95-ВР (стаття 45) [1];
- ▶ Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ) (п. 9.4.2) [2];
- ▶ Загальні положення безпеки атомних станцій (ЗПБУ-2008) (пп. 5.3.4, 6.8.3) [3].

Порівняння визначень терміну “зона спостереження” (табл. 1) виявляє подібність підходів вищезазначених документів, а також Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) [4].

Таблиця 1**Визначення терміну “зона спостереження”****Table 1****Definitions of the term “observation area”**

Документ / document	Положення / statement
ЗУ №39/95-ВР [1]	Територія, на якій можливий радіаційний вплив ядерної установки та об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, на населення, що проживає в цій зоні
ZU 39/95-VR [1]	Territory where radiation impact of nuclear installations and facilities designed for radioactive waste management to the population living in this area is possible
НРБУ-97 [4], ОСПУ [2] NRBU-97 [4], OSPU [2]	Територія, на якій можливий вплив радіоактивних скидів і викидів радіаційно-ядерного об'єкта і де здійснюється моніторинг Territory where the impact of radioactive liquid and gaseous releases of radioactive and nuclear facility is possible and where the monitoring is carried out
ЗПБУ-2008[3]	Територія, на якій можливий вплив радіоактивних скидів і викидів АС і на якій здійснюється радіаційний моніторинг вимірювання потужності поглинутої дози, визначення вмісту радіонуклідів у об'єктах навколишнього природного середовища, продуктах харчування тощо
ZPBU-2008 [3]	Territory where the impact of radioactive liquid and gaseous releases of NP is possible and where radiation monitoring of measurement of absorbed dose rate, determination of radionuclides content in environmental objects, foodstuffs, etc. is carried out

INTRODUCTION

Observation areas (OAs) for radiation and nuclear facilities, in general, and for nuclear power plants, in particular, are specific territorial formations typical for post-Soviet countries. There are no exact analogues of such areas in other countries with radiation and nuclear facilities. Nevertheless, the existence of OAs for NPPs plays a positive role in the radiological protection of the public lives in OAs. However, the legislative and normative documents of Ukraine contain diverse requirements for OAs, which lead not only to contradictions in their direct implementation, but even to the impossibility of simultaneous realization of all functionality assigned to OA.

**REQUIREMENTS FOR THE OBSERVATION
AREA IN LEGISLATIVE AND REGULATORY
DOCUMENTS OF UKRAINE**
Observation areas of NPPs and monitoring

Establishment of an observation area around NPP is required by the following documents:

- ▶ The Law of Ukraine “On use of nuclear power and radiation safety” No. 39/95-VR (February 2, 1995) [1] (article 45);
- ▶ Basic sanitary rules for radiation protection of Ukraine (OSPU) [2] (item 9.4.2);
- ▶ General safety regulations of nuclear power plants (ZPBU-2008) [3] (items 5.3.4, 6.8.3).

The comparison of definitions of the term “observation area” (Table 1) shows the similarity of approaches above mentioned documents and Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97) [4].

У всіх вказаних вище визначеннях згадується, що у ЗС можливий вплив радіаційно-ядерного об'єкта (ядерної установки). Визначення НРБУ-97 [4], ОСПУ [2] і ЗПБУ-2008 [3] уточнюють, що цей вплив здійснюється у вигляді скидів і викидів. Тільки визначення ЗУ №39/95-ВР [1] конкретизує, що йдеться про вплив на населення, яке проживає в ЗС. Інші документи не пояснюють, на кого (або на що) впливає об'єкт, тим самим передбачається, що зазначений вплив розповсюджується на все, що знаходиться (постійно або тимчасово) в ЗС. При цьому жодне з визначень не вказує мінімальний граничний рівень такого впливу, нижче якого цим впливом можливо було б знехтувати.

Усі чотири розглянуті документи вказують на необхідність проведення моніторингу або радіаційного контролю в ЗС. ЗУ №39/95-ВР [1] і НРБУ-97 [4] не конкретизують обсяги такого моніторингу. ОСПУ [2] і ЗПБУ-2008 [3] згадують необхідність визначення вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього природного середовища. ЗПБУ-2008 [3] додатково містять положення щодо контролю в ЗС:

- потужності поглиненої дози;
- вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього природного середовища;
- вмісту радіонуклідів у продуктах харчування.

ЗПБУ-2008 [3] також встановлюють, що *“кожна АС оснащується автоматизованою системою контролю за радіаційним станом ... зони спостереження”* (п. 6.8.5).

П. 8.2 ОСПУ [2] вказує, що *“необхідний рівень протирадіаційного захисту населення забезпечується”*, зокрема *“наявністю ... зони спостереження”*. ОСПУ [2] не уточнюють, як саме наявність ЗС забезпечує захист населення, адже законодавством не передбачається обмеження на проживання населення у ЗС. Між тим, навіть проведення моніторингу у ЗС (який не вимагається за межами ЗС) може вважатись одним із заходів, що забезпечує певний рівень протирадіаційного захисту населення.

Таким чином, ЗУ №39/95-ВР [1], НРБУ-97 [4], ОСПУ [2] і ЗПБУ-2008 [3] декларують необхідність здійснення радіаційного моніторингу в ЗС. Однак тільки ЗПБУ-2008 [3] визначають перелік контрольованих параметрів. Жоден з розглянутих документів не встановлює вимог до репрезентативності моніторингу (наприклад, періодичності контролю, ступеня покриття ЗС пунктами контролю – кількості пунктів контролю на одиницю площі ЗС і т. п.). Відсутність конкретних положень щодо репрезентативності контролю призводить до довільності тлумачення загальних вимог щодо контролю радіаційної обстановки.

In all above definitions it is mentioned that in the observation area the impact of radiation and nuclear facility (nuclear installation) is possible. Definitions in NRBU-97 [4], OSPU [2] and ZPBU-2008 [3] clarify that this impact is performed in the form of liquid and gaseous releases. Only the definition in ZU 39/95-VR [1] specifies the case in point is the impact on the population living in OA. Other documents do not explain who or what is the subject of the impact of the object, thereby it is intended the mentioned impact applies to everything located (permanently or temporarily) in OA. However, none of definitions specifies a minimum threshold of such impact below which this impact may be neglected.

All 4 considered documents indicate the necessity of the monitoring (or radiation monitoring) in OA. ZU 39/95-VR [1] and NRBU-97 [4] do not specify the amount of such monitoring. OSPU [2] and ZPBU-2008 [3] mention the necessity for determination of radionuclides content in environmental objects. In addition ZPBU-2008 [3] contain a statement regarding a monitoring in OA of:

- absorbed dose rate;
- radionuclides content in environmental objects;
- radionuclides content in foodstuffs.

ZPBU-2008 [3] also establish that *“each NP is equipped with an automated control system of radiation state of ... observation area”* (item 6.8.5).

Item 8.2 of OSPU [2] specifies that *“required level of radiation protection of the public ensured”*, in particular, by *“the presence of ... an observation area”*. OSPU [2] do not specify how exactly the presence of OA ensures protection of the public, because the legislation does not suppose any restrictions for the population living in OA. Nevertheless even a monitoring in OA (which is not required outside OA) can be considered as one of the measures that ensures a certain level of radiation protection of the public.

So, ZU 39/95-VR [1], NRBU-97 [4], OSPU [2] and ZPBU-2008 [3] declare the necessity of radiation monitoring in OA. However, only ZPBU-2008 [3] define the list of controlled parameters. None of mentioned documents establishes requirements for monitoring representativeness (e.g., frequency control, extent of coverage of OA by monitoring points – the number of monitoring points per unit area of OA, etc.). The absence of specific statements regarding the representativeness of monitoring leads to arbitrary interpretation of general requirements for the monitoring of radiation situation.

Зони спостереження АЕС і аварійне реагування

Положення, представлені у попередньому підрозділі, трактували ЗС як територію, призначену виключно для цілей моніторингу. Далі будуть проаналізовані положення, які розглядають ЗС під іншим кутом. ЗПБУ-2008 [3] одним із фундаментальних принципів безпеки визначають стратегію глибокоешелонованого захисту, яка за цим документом реалізується на п'яти рівнях. П'ятим рівнем цієї стратегії є аварійна готовність і реагування. Одним з елементів забезпечення цього рівня є встановлення навколо АЕС зони спостереження. Взагалі кажучи, положення має загальний характер і може вважатись декларативним. Незважаючи на це, саме таке положення крім “моніторингової” функціональності надає ЗС ще й “протиаварійного” наповнення.

Як відомо, документами МАГАТЕ (зокрема, [5, 6]) визначаються поняття “аварійних зон”, до яких відносяться “зона планування термінових захисних заходів” (ЗТЗ) і “зона попереджувальних заходів” (ЗПЗ). Обидві зони призначені для здійснення термінових захисних заходів у випадку ядерної або радіологічної аварійної ситуації:

- з метою зниження ризику появи серйозних детермінованих ефектів за межами майданчика (ЗПЗ) та
- з метою запобігання отримання доз за межами майданчика у відповідності з міжнародними нормами безпеки (ЗТЗ).

Захисні заходи в межах ЗПЗ повинні вживатись до або невдовзі після викиду радіоактивного матеріалу або опромінення, зважаючи на умови, що склались на установці. Захисні заходи в межах ЗТЗ повинні виконуватись на основі моніторингу навколишнього середовища або (у відповідних випадках) з урахуванням умов, що склались на установці.

У національних документах України поняття “аварійних зон” (у вигляді, як їх подає МАГАТЕ) відсутні. Отже, положення ЗПБУ-2008 [3] надає ЗС властивості, що повинні бути притаманні національним аналогам ЗПЗ і ЗТЗ.

Перш ніж перейти до положень документів щодо визначення розмірів ЗС, слід розглянути ситуацію у законодавстві України щодо критеріїв введення контрзаходів. Короткий огляд є доцільним також з урахуванням того, що ця проблема є близькою до питання аварійного реагування. Ці критерії, встановлені у ст. 8 Закону України “Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання” від 14.01.1998 р. №15/98-ВР [7] та у додатку 7 НРБУ-97 [4], наведені у табл. 2.

Observation areas of NPPs and emergency response

The provisions presented in the previous subsection interpreted OA as the territory intended for the monitoring purposes only. The provisions that consider OA from another angle are analyzed further. ZPBU-2008 [3] determine as one of the fundamental safety principles the strategy of defence in depth, which according to the document is implemented on five levels. Fifth level of this strategy is emergency preparedness and response. One of the elements for ensuring of that level is an establishment OA around NPP. Generally speaking, the statement is general and it can be considered as declarative. Nevertheless, the very statement gives, in addition to “monitoring” functionality, also the “emergency” filling to OA.

As is generally known, the IAEA documents (in particular, [5, 6]) define terms “emergency zones”, which include “urgent protective action planning zone” (UPZ) and “precautionary action zone” (PAZ). Both zones are designed to take urgent protective actions in the event of nuclear or radiological emergency:

- to reduce the risk of severe deterministic effects off the site (PAZ) and
- to avert the exposure doses outside the site in accordance with international safety standards (UPZ).

Protective actions within PAZ are to be taken before or shortly after a release of radioactive material or an exposure on the basis of the prevailing conditions at the facility. Protective actions within UPZ are to be taken on the basis of environmental monitoring or (as appropriate) prevailing conditions at the facility.

Concepts of “emergency zones” (in the form as the IAEA provides them) are missing in national Ukrainian documents. Thus, the provision of ZPBU-2008 [3] gives to OA the properties that should be inherent to national analogues of PAZ and UPZ.

Before proceeding to the provisions of documents specifying the OA sizes it is necessary to review the Ukrainian legislation in regard to criteria of introduction of protective actions. A brief overview is reasonable taking into account that this problem is close to the emergency response issue. The criteria are established in the Article 8 of the Law of Ukraine “On protection of a human against the exposure to ionizing radiation” (January 14, 1998) No. 15/98-VR [7] and in the Annex 7 of NRBU-97 [4] (see Table 2).

Таблиця 2
Критерії введення контрзаходів

Table 2
Criteria for protective actions

Контрзахід Protective action	Очікувана доза протягом перших 2 тижнів після аварії (ЗУ №15/98-ВР [7]) Committed dose during first 2 weeks after an accident (ZU 15/98-VR [7])		Доза, яку відвертають за перші 2 тижні після аварії (НРБУ-97 [4]) Dose averted during first 2 weeks after an accident (NRBU-97 [4])					
	Ефективна доза, мЗв Effective dose, mSv	Очікувана поглинута доза опромінення ЩЗ*, мГр Committed absorbed dose to thyroid, mGy	Нижні межі виправданості Lower boundaries of justification			Рівні безумовної виправданості Levels of unconditional justification		
			На все тіло, мЗв To whole body, mSv	На ЩЗ*, мГр To thyroid, mGy	На шкіру, мГр To skin, mGy	На все тіло, мЗв To whole body, mSv	На ЩЗ*, мГр To thyroid, mGy	На шкіру, мГр To skin, mGy
Укриття / sheltering	5	–	5	50	100	50	300	500
Евакуація / evacuation	50	–	50	300	500	500	1 000	3 000
Йодна профілактика / iodine prophylaxis								
> діти / children	–	50	–	50 [#]	–	–	200 [#]	–
> дорослі / adults	–	200	–	200 [#]	–	–	500 [#]	–
Обмеження перебування на відкритому повітрі / outdoor restriction								
> діти / children	–	–	1	20	50	10	100	300
> дорослі / adults	–	–	2	100	200	20	300	1000

Примітка. * – щитоподібна залоза

– очікувана доза при внутрішньому опроміненні радіоізотопами йоду, що надходять до організму протягом перших двох тижнів після початку аварії.

Note. # – committed dose of internal exposure from iodine radioisotopes which intake to the body during the first two weeks after beginning of the accident.

Слід зазначити, що, незважаючи на рівність критеріїв ЗУ №15/98-ВР [7] і НРБУ-97 [4], ці документи встановлюють принципово різні підходи до введення невідкладних контрзаходів. ЗУ №15/98-ВР [7] встановлює рівні втручання в термінах прогнозованих доз опромінення, а НРБУ-97 [4] – в термінах доз, які відвертають. При цьому НРБУ-97 [4] вважають контрзахід виправданим, якщо дози, які відвертають за перші 2 тижні після аварії, перевищуватимуть рівні безумовної виправданості. Якщо ж перевищуватимуться лише нижні межі виправданості (НМВ), то контрзахід може бути виправданим лише з урахуванням інших чинників (економічних, соціальних та ін.), залучених до процедури оптимізації.

Можливість відвертання доз є важливим фактором при прийнятті рішення про контрзахід, введення якого вимагає певних організаційних дій (наприклад, евакуація, укриття), а отже потребує деякого часу. Часові рамки розвитку аварії можуть не дозволити повноцінного введення таких контрзаходів до моменту досягнення або навіть проходження хмари викиду. Іншим прикладом є йодна профілактика,

It should be noted, despite the equality of numerical values of criteria in ZU 15/98-VR [7] and NRBU-97 [4], these documents establish fundamentally different approaches for the introduction of urgent protective actions. ZU 15/98-VR [7] establishes intervention levels in terms of projected doses, and NRBU-97 [4] do it in terms of averted doses. At the same time NRBU-97 [4] considers a protective action is justified if doses averted during first 2 weeks after the accident exceed the levels of unconditional justification. If only lower boundaries of justification (LBJ) would be exceed, a protective action could be justified only on the basis of other factors (economic, social, etc.) involved in the optimization procedure.

Ability to avert doses is an important factor for decision about a protective action, the introduction of which requires certain organizational activities (e.g., evacuation, sheltering) and therefore requires some time. The timeframe of an accident may not allow full-fledged introduction of such protective actions until the moment when release cloud achieves or even passes. Another example is

ефективність якої залежить від часу прийняття препаратів стабільного йоду (KI) після надходження радіоізотопів йоду. За даними [8], при прийнятті KI відразу після надходження ^{131}I доза опромінення щитоподібної залози знижується у 20 разів, через годину після надходження – принаймні у 10 разів, через 2 години – у 4 рази, через 3 години – лише вдвічі, через 15 годин – не більше 20%.

Таким чином, підхід НРБУ-97 [4] є не лише більш гнучким, але й більш логічним, оскільки ключовим фактором виправданості контрзаходів є можливість з відвертання заданих доз опромінення. ЗУ №15/98-ВР [7] встановлює більш жорсткі критерії, які (крім того, що співпадають саме з НМВ НРБУ-97 [4]) вимагають введення контрзаходу навіть тоді, коли на практиці вже неможливо відвернути значну частку прогнозованої дози.

Критерії введення контрзаходів використовуються, зокрема, у вимогах до визначення розмірів ЗС, представлених в табл. 3.

the iodine prophylaxis, the effectiveness of which depends on time of the intake of stable iodine (KI) after the intake of iodine radioisotopes. According to [8], if KI is taken immediately after the intake of ^{131}I the thyroid dose is reduced by 20 times, 1 hour after intake – at least by 10 times, after 2 hours – by 4 times, after 3 hours – only by 2 times, after 15 hours – less than 20%.

Thus, the approach of NRBU-97 [4] is not only more flexible but it is also more logical, as a key factor for justification of protective actions is the ability to avert the specified doses. ZU 15/98-VR [7] establishes stricter criteria which (besides they coincide with LBJs of NRBU-97 [4]) require a protective action, even when in practice it is impossible to avert a significant portion of the projected dose.

Criteria for the introduction of protective actions used in particular in the requirements for determining the OA sizes presented in Table 3.

Таблиця 3

Вимоги до розмірів і меж зони спостереження

Table 3

Requirements for determining the sizes and boundaries of OA

Документ / document	Положення / statement
ЗУ №39/95-ВР [1] ZU 39/95-VR [1]	Визначаються у проекті згідно з нормами, правилами і стандартами у сфері використання ядерної енергії, ... узгоджуються з органом державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки (ст. 45) Defined in the design in accordance with the regulations, rules and standards in the field of use of nuclear energy, ... approved with the state regulatory body of nuclear and radiation safety (article 45)
НРБУ-97 [4] NRBU-97 [4]	Відсутні Absent
ОСПУ [2] OSPU [2]	Проектна документація повинна містити необхідну і достатню інформацію, розрахунки, обґрунтування, зведення, що стосуються ... обґрунтування розмірів ... ЗС... (п. 9.1.3) Межі ... ЗС підприємства на стадії проектування погоджуються закладами державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України (п. 9.4.7) The design documentation must contain the necessary and sufficient information, calculations, substantiations, reports, concerning ... the justification of sizes of ... OA... (item 9.1.3) The boundaries ... of OA of an enterprise on a design stage are agreed by institutions of the state sanitary and epidemiological service of the MH of Ukraine (item 9.4.7)
ЗПБУ-2008[3] ZPBU-2008 [3]	Проектом АС обґрунтовуються розміри ... зони спостереження (п. 6.8.3) The design of NP substantiates the sizes ... of the observation area (item 6.8.3)
ВБВМ АС [9] VBVM NPP [9]	При визначенні загальної встановленої потужності АС та технічних характеристик АС ураховуються... розмір ... зони спостереження (п. 2.4) За результатами оцінки радіаційного впливу АС на населення та навколишнє природне середовище ... визначається ... зона спостереження і забезпечується можливість реалізації контрзаходів, передбачених пунктом 7.23 НРБУ-97 (п. 4.13) Розміри зони спостереження визначаються такими, щоб при запроектованих аваріях із граничним аварійним викидом радіоактивних речовин в навколишнє природне середовище дози опромінення населення на межі зони спостереження та за її межами не перевищували критерії введення контрзаходів відповідно до пункту 7.38 НРБУ-97 (п. 4.15) For determination the total installed capacity of NP and the technical characteristics of NP it is taken into account ... the size ... of the observation area (item 2.4) By the results of assessment of radiation impact of NP on the population and environment ... it is determined ... the observation area and it is provided the ability of the implementation of protective actions specified by item 7.23 of NRBU-97 (item 4.13) The sizes of observation area are determined so that under beyond design basis accidents with the limiting emergency release of radioactive substances into the environment the doses to the public at the border and beyond observation area do not exceed the criteria for the introduction of protective actions under item 7.38 of NRBU-97 (item 4.15)

Спільною (цілком очікуваною і очевидною) вимогою у всіх зазначених документах (окрім НРБУ-97 [4], в яких такі положення відсутні) є обґрунтування і визначення розмірів ЗС на етапі проектування. ЗУ №39/95-ВР [1], ОСПУ [2] і ЗПБУ-2008 [3] обмежуються цими положеннями.

Документ “Вимоги з безпеки до вибору майданчика для розміщення атомної станції” (ВБВМ АС) [9], який з’явився менше ніж через півроку після виходу ЗПБУ-2008 [3], у певному сенсі деталізував вимоги ЗПБУ-2008 [3] щодо зв’язку між розмірами ЗС та аварійним реагуванням.

Дещо парадоксальним положенням ВБВМ АС [9] є необхідність врахування розміру ЗС при визначенні загальної встановленої потужності АЕС і технічних характеристик АЕС. Така вимога означає, що загальна потужність проектованої АЕС залежить від розмірів ЗС, а не навпаки.

Основним положенням щодо розмірів ЗС у ВБВМ АС [9] є вимога про неперевикнення критеріїв введення контрзаходів (на кордоні ЗС і за її межами) при запланованих аваріях (ЗПА) з граничним аварійним викидом (ГАВ). Термін “*граничний аварійний викид*” визначено в ЗПБУ-2008 [3] як “*аварійний викид радіоактивних речовин у випадку аварії, при якому на кордоні санітарно-захисної зони АС створюються умови, що вимагають евакуації населення*”. При цьому ЗПБУ-2008 [3] використовує термін “*граничний аварійний викид*” у загальних критеріях безпеки (п. 4.1.1), де встановлюються вимоги до частоти такого викиду. Тому, для визначення того, чи є певний аварійний викид граничним, безперечно мається на увазі не конкретна ситуація, при якій відбувається такий викид (у т.ч. метеорологічні умови), а ситуація гіпотетична, при якій потенційно можуть скластись умови, що вимагатимуть евакуації населення. Отже, для класифікації аварійного викиду на предмет того, чи є він граничним, слід розглянути його радіологічні наслідки на множині усього можливого спектру умов (і у першу чергу – метеорологічних), при яких може реалізуватись такий викид.

Виходячи з цього, ГАВ вважається аварійний викид, для якого існуватиме такий набір початкових умов (у т.ч. метеорологічних), при яких на кордоні санітарно-захисної зони (СЗЗ) АЕС створюється ситуація, при якій виконується хоча б одна з таких умов:

➤ ефективна доза протягом перших 2 тижнів після аварії може досягти 50 мЗв (ЗУ №15/98-ВР [7]);

Common (quite expected and evident) requirement in all these documents (except for NRBU-97 [4] where such provisions are absent) is substantiation and determination of OA sizes at the design stage. ZU 39/95-VR [1], OSPU [2] and ZPBU-2008 [3] confine themselves to those provisions.

The document “Safety requirements for site selection for the placement of a nuclear power plant” (VBVM NPP) [9] issued less than half a year after the ZPBU-2008 [3], in a sense, specified requirements of ZPBU-2008 [3] regarding the relationship between the OA sizes and emergency response.

Slightly paradoxical provision of VBVM NPP [9] is the necessity to consider the OA sizes for determination the total installed capacity of NPP and the technical characteristics of NPP. This requirement means that the total power of designed NPP depends on the OA size, not vice versa.

The main provision in VBVM NPP [9] regarding the OA size is the requirement of non-exceeding the criteria for introduction of protective actions (at the border and beyond OA) under beyond design basis accidents (BDDBA) with the limiting emergency release (LER). The term “*limiting emergency release*” is defined in ZPBU-2008 [3] as “*emergency release of radioactive substances in the event of an accident during which the conditions at the border of sanitary protective zone of NP requiring evacuation of population occur*”. At the same time ZPBU-2008 [3] uses the term “*limiting emergency release*” in common safety criteria (item 4.1.1) which establish requirements for the frequency of such a release. Therefore, to determine if a certain emergency release is a limiting one, undoubtedly it means not a specific situation in which such a release occur (including weather conditions) but a hypothetical situation in which potentially conditions that require evacuation of population can happen. So to classify the emergency release whether it is the limiting one, it is necessary to consider its radiological consequences on the set of all possible range of conditions (and first of all of weather ones) which can be realized during such a release.

Thus, an emergency release is LER if there will be a set of initial conditions (including weather conditions) under which a situation happen at the border of the sanitary protective zone (SPZ) of NPP in which at least one of the following conditions is realized:

➤ effective dose during first 2 weeks after an accident can reach 50 mSv (ZU 15/98-VR [7]);

➤ доза, яку відвертають за перші 2 тижні після аварії, на щитоподібну залозу досягає 1 Гр (або 300 мГр – з урахуванням інших чинників) (НРБУ-97 [4]);

➤ доза, яку відвертають за перші 2 тижні після аварії, на шкіру досягає 3 Гр (або 500 мГр – з урахуванням інших чинників) (НРБУ-97 [4]).

У визначенні ГАВ відсутнє зазначення про те, що такий викид є “мінімальним” або “найменшим”, серед усіх тих, для яких досягаються певні рівні опромінення на кордоні СЗЗ. Отже ГАВ утворюють цілу множину викидів, які можуть призводити до певних радіологічних наслідків. Єдиним обмежуючим параметром для таких викидів є вимога щодо їх частоти, викладена у ЗПБУ-2008 [3] (п. 4.1.1). Згідно з цим пунктом, одним з критеріїв безпеки АЕС є неперевищення значення частоти ГАВ радіоактивних речовин у навколишнє природне середовище. Для діючих АЕС ця частота повинна бути не більше ніж 10^{-5} на реактор за рік, а для енергоблоків АЕС, що проектується, – не більше ніж 10^{-6} на реактор за рік. Цим же пунктом встановлюються додаткові “цільові” значення такої частоти, а саме – що необхідно прагнути того, щоб значення такого показника не перевищувало 10^{-6} на реактор за рік для діючих АЕС, та 10^{-7} – для енергоблоків АЕС, що проектується. Отже, вимога щодо обмеження частоти також не є чинником, що обмежує верхню межу для ГАВ. Таким чином, ГАВ утворюють набір викидів, які не мають формального обмеження зверху – тобто, не існує “максимального” ГАВ. При цьому, обмеження розмірів ЗС зверху фактично залежить лише від кількості радіоактивних речовин, які можуть потрапити при ЗПА у навколишнє природне середовище, та від величини розсіяння цих речовин при переносі на значні відстані.

Отже ББВМ АС [9] вимагають, щоб при ЗПА із ГАВ дози опромінення населення на межі ЗС та за її межами не перевищували критерії введення контрзаходів відповідно до п. 7.38 НРБУ-97 [4]. Цей пункт посиляється на таблицю Д.7.1 Додатку 7 НРБУ-97 [4], значення з якої представлено у таблиці 2. Оскільки ББВМ АС [9] не уточнюють, які саме контрзаходи мають на увазі, (усі чи лише деякі з них), очевидно, що слід урахувати неперевищення рівнів для усіх контрзаходів. Оскільки найнижчі рівні зазначені для обмеження перебування на відкритому повітрі, то вимога ББВМ АС [9] означає, що при ЗПА із ГАВ дози опромінення, які відвертають за перші 2 тижні після аварії, для населення на межі ЗС та за її межами повинні відповідати таким умовам:

➤ доза на все тіло для дітей – не більше 10 мЗв (НМВ – 1 мЗв);

➤ dose to thyroid averted during first 2 weeks after an accident reaches 1 Gy (or 300 mGy – taking into account other factors) (NRBU-97 [4]);

➤ dose to skin averted during first 2 weeks after an accident reaches 3 Gy (or 500 mGy – taking into account other factors) (NRBU-97 [4]).

In the definition of LER there is no indication that such a release is a “minimal” or “smallest” one among all those for which certain levels of exposure at the border of SPZ are achieved. Therefore, LERs form a set of releases that can lead to specific radiological consequences. The only limiting option for such emissions is a requirement for their frequency declared in ZPBU-2008 [3] (item 4.1.1). According to this item, one of safety criteria of NPP is non-exceeding the frequency of LER of radioactive substances into the environment. This frequency for existing NPPs should be no more than 10^{-5} per reactor per year, and for designed power units of NPPs it should be no more than 10^{-6} per reactor per year. The same item establishes additional “target” values for such a frequency, namely, it is necessary to seek that the value of the indicator does not exceed 10^{-6} per reactor per year for existing NPPs and does not exceed 10^{-7} for designed power units of NPPs. So requirement regarding the restriction for the frequency also is not a factor that restricts the upper limit of LER. Thus, LERs form a set of releases that have no formal upper limit, so there is no “maximum” LER. At that, the upper limit for the OA size actually depends on the amount of radioactive material that could reach the environment under BDBAs and on the value of the dilution of these substances due to their transfer over long distances.

So VBVM NPP [9] require the public exposure at the border and beyond OA under BDBAs with LER not to exceed the criteria for introduction of protective actions according to item 7.38 of NRBU-97 [4]. This item refers to Table D.7.1, Annex 7 of NRBU-97 [4] values from which are shown in Table 2. Since VBVM NPP [9] do not specify what protective actions are intended (all or only some of them), it is clear that it should be considered non-exceeding the levels for all protective actions. As the lowest levels are specified for the outdoor restriction, the requirement of VBVM NPP [9] means that under BDBA with LER the doses averted during first 2 weeks after an accident for the public at the border and beyond OA should meet the following conditions:

➤ dose to whole body for children – less than 10 mSv (LBJ is 1 mSv);

- доза на все тіло для дорослих – не більше 20 мЗв (НМВ – 2 мЗв);
- доза на щитоподібну залозу для дітей – не більше 100 мГр (НМВ – 20 мГр);
- доза на щитоподібну залозу для дорослих – не більше 300 мГр (НМВ – 10 мГр);
- доза на шкіру для дітей – не більше 300 мГр (НМВ – 50 мГр);
- доза на шкіру для дорослих – не більше 1 000 мГр (НМВ – 200 мГр).

З огляду на такі рівні та на те, що ГАВ не обмежені зверху, вимога ВБВМ АС [9] про неперевіщення цих рівнів при зазначених аваріях для зазначеного населення є такою, що практично не може бути досягнуто. Адже для будь-яких розмірів ЗС, які можуть вважатись прийнятними на практиці (декілька десятків кілометрів), є можливість змодельовати ЗПА (яка може характеризуватись навіть надзвичайно малою частотою), для якої зазначена вимога неперевіщення не буде виконуватись. Встановлення ЗС розмірами у сотні кілометрів є недосяжним на практиці, адже для цієї зони вимагається ще й моніторинг при нормальній експлуатації.

Додатковим питанням є зв'язок розмірів ЗС і СЗЗ. Очевидно, що підхід ВБВМ АС [9] обмежує розміри ЗС знизу (тобто розміри ЗС не можуть бути менше того, ніж вимагають від неї розміри СЗЗ). Це означає, що гіпотетичне збільшення СЗЗ збільшить нижню межу для розмірів ЗС. З урахуванням зауваження щодо верхньої межі ЗС такий зв'язок навряд чи вплине на розміри ЗС (звичайно, при практичній реалізації підходу ВБВМ АС [9]), однак сам факт наявності декларації такого зв'язку у ВБВМ АС [9] викликає питання щодо його доцільності.

Після аварії на АЕС “Фукусіма-1” відповідно до рішення Ради національної безпеки і оборони України від 08.04.2011 “Про підвищення безпеки експлуатації атомних електростанцій України”, введеного в дію Указом Президента України від 12.05.2011 № 585, на замовлення Держатомрегулювання України було розроблено “Вимоги щодо визначення розмірів і меж зони спостереження атомної електричної станції” (ВРЗС АС) [9]. Ці вимоги імплементували положення щодо неперевіщення критеріїв введення контрзаходів за межами ЗС з обмеженнями щодо контрзаходів та частоти аварій, які приймаються до розгляду для таких цілей. З огляду на жорсткі вимоги ВБВМ АС [9], ВРЗС АС [10] обмежились вимогами про неперевіщення критеріїв лише для евакуації та

- dose to whole body for adults – less than 20 mSv (LBJ is 2 mSv);
- dose to thyroid for children – less than 100 mGy (LBJ is 20 mGy);
- dose to thyroid for adults – less than 300 mGy (LBJ is 10 mGy);
- dose to skin for children – less than 300 mGy (LBJ is 50 mGy);
- dose to skin for adults – less than 1 000 mGy (LBJ is 200 mGy).

Taking into consideration these levels and that LERs are not bounded above, the requirement of VBVM NPP [9] about non-exceeding these levels under specified accidents for the specified population cannot practically be achieved. Indeed, for any sizes of OA that can be considered acceptable in practice (several tens km) it is possible to simulate BDBA (which may be characterized by even extremely low frequency) for which the specified requirement about non-exceeding cannot be fulfilled. Establishment the OA of hundreds kilometers is unattainable in practice, because the monitoring under the normal operation is also required in OA.

Relationship between OA and SPZ sizes is an additional issue. Obviously the approach of VBVM NPP [9] limits the OA sizes below (i.e. the OA sizes cannot be less than that required by the SPZ sizes). This means that a hypothetical increase of SPZ will increase the lower limit for the OA sizes. Taking into consideration the remark regarding the upper limit of OA, such a relationship is unlikely to affect the OA sizes (of course, in case of practical implementation of VBVM NPP [9] approach), but even the existence of declaration about such a relationship in VBVM NPP [9] raises questions about its expediency.

After the accident at NPP “Fukushima-1” in accordance with decision of National Security and Defense Council of Ukraine from 08.04.2011 “On improving the safety of operation of nuclear power plants in Ukraine” put into effect by the Decree of the President of Ukraine from 12.05.2011 No. 585, “Requirements as to determination the sizes and boundaries for the observation area of a nuclear power plant” (VRZS NPP) [9] were developed on request of SNRIU. These requirements implemented the provision of non-exceeding criteria for introduction of protective actions outside OA with restrictions about protective actions and accident frequency accounted for such purposes. Considering strong requirements of VBVM NPP [9], VRZS NPP [10] confined itself to requirements about non-exceeding

йодної профілактики (НМВ) для населення на межі ЗС та за її межами. Тобто за ВРЗС АС [10], при ЗПА дози опромінення за перші 14 діб після аварії (як це впливає з розрахункових методів, викладених у ВРЗС АС [10]) для населення на межі ЗС та за її межами повинні відповідати таким умовам:

- ефективна доза – не більше 50 мЗв;
- доза у щитоподібній залозі: у дітей – не більше 50 мЗв, у дорослих – не більше 200 мЗв;
- доза у шкірі – не більше 500 мЗв.

Крім того, таке неперевищення повинно бути продемонстровано не для всіх ЗПА, а лише для тих, імовірність яких не нижче 10^{-7} рік⁻¹. Останнє дає можливість виключити з розгляду ЗПА, імовірність яких надто мала, але які формують викиди, що, з точки зору ВБВМ АС [9], є ГАВ і тому можуть призводити до значного збільшення розмірів ЗС (при дотриманні підходу ВБВМ АС [9] на практиці).

Для розрахунку атмосферного переносу аварійного викиду ВРЗС АС [10] пропонують дві моделі:

- модель А, яка побудована на основі гаусової моделі;
- модель Б, в основу якої покладено лагранжево-ейлерова дифузійна модель.

Модель А простіша, ніж модель Б, однак при її застосуванні для відстаней, більших за 20 км від джерела викиду, отримані результати можуть бути надлишково консервативними (при цьому, ступінь консерватизму зростає зі збільшенням відстані від джерела викиду). Щодо моделі Б, яка є складнішою, то, як зазначено у ВРЗС АС [10], *“доцільність використання моделі Б є наслідком компромісу між складністю її застосування і очікуванням отримання результатів, позбавлених надлишкового консерватизму”*.

Можливість застосування різних моделей є у ВРЗС АС [10] лише для розрахунку атмосферного переносу. Для розрахунків подальшого транспорту радіоактивних речовин за екологічними ланцюгами і доз опромінення використовуються однакові методи, незалежно від того, яка з моделей застосовувалась для розрахунку атмосферного переносу. Дозові оцінки повинні не перевищувати встановлені критерії незалежно від пори року, в яку може відбутися аварійний викид. Для отримання консервативних дозових оцінок розрахункова схема описує транспорт за екологічними ланцюгами, який є характерним для вегетаційного періоду, під час якого питомі активності радіонуклідів у продуктах харчування рослинного і тваринного походження будуть найбільшими.

criteria for evacuation and iodine prophylaxis (LBJ) for the public at the border and beyond OA. I.e. according to VRZS NPP [10], under BDBAs the doses during the first 14 days after an accident (as it follows from the calculation methods described in VRZS NPP [10]) for the public at the border and beyond OA must meet the following conditions:

- effective dose – less than 50 mSv;
- dose to thyroid: for children – less than 50 mSv, for adults – less than 200 mSv;
- dose to skin – less than 500 mSv.

In addition, such a non-exceeding should be demonstrated not for all BDBAs, but only for those whose probability is not lower than 10^{-7} year⁻¹. It makes possible to exclude BDBAs which probability is too small but which can form LERs (in terms VBVM NPP [9]) that can lead to a significant increase of the OA sizes (if VBVM NPP [9] approach is applied in practice).

VRZS NPP [10] propose two models to calculate the atmospheric transport of emergency release:

- model A, which is based on the Gaussian model;
- model B, which is based on the Lagrangian and Eulerian diffusion model.

Model A is simpler than model B, but its application for distances greater than 20 km from the release source leads to the results which may be overconservative (in this case, the degree of conservatism increases when the distance from the source of release increases). Regarding model B, which is more complicated, as stated in VRZS NPP [10] *“advisability of use of model B is the result of compromise between the complexity of its application and the expectations to obtain results without overconservatism”*.

The ability to use different models in VRZS NPP [10] is provided only to calculate atmospheric transport. For calculations the further transport of radioactive materials through the ecological chains and the doses it should be used the same methods, regardless of which model was used to calculate atmospheric transport. Estimated doses should not exceed the criteria regardless of the season when emergency release occurs. To obtain conservative dose estimation the calculation scheme describes transport through the ecological chains which is typical for the growing season, during which the specific activities of radionuclides in foodstuffs of plant and animal origin would be the highest.

Як вже було зазначено вище, ВРЗС АС [10] значно пом'якшили (у порівнянні з ВБВМ АС [9]) загальні вимоги до встановлення розмірів ЗС АЕС, а саме: використовуються критерії не для усіх контрзаходів, а лише для евакуації та йодної профілактики, та обмежується знизу частота ЗПА, що залучаються до розгляду. Незважаючи на це, практичне використання ВРЗС АС [10] виявило деякі проблеми його застосування. Одним із головних джерел таких проблем став п. 1.4 ВРЗС АС [10], у якому зазначено, що *“розміри ЗС діючих АЕС уточнюються з метою приведення у відповідність до цих Вимог у рамках періодичної переоцінки безпеки”*. По-перше, використання слова *“уточнюються”* трактується як необхідність перегляду розмірів ЗС. По-друге, цей пункт фактично визначає обов'язковість перегляду розмірів ЗС під час кожної періодичної переоцінки безпеки, яка виконується для кожного енергоблоку один раз на 10 років (наприклад, для ЗАЕС з 6 енергоблоками це, умовно кажучи, означає в середньому 3 перегляди кожні 5 років).

На час підготовки статті для двох АЕС було підготовлено звіти щодо уточнення розмірів ЗС. У звіті для Южноукраїнської АЕС було розглянуто лише витік через проектні нещільності гермооболонки при важких аваріях при працюючій спринклерній системі (частота – $9,57 \cdot 10^{-6}$ рік⁻¹). Виключення з розгляду більш важких (хоча й більш рідких) аварій (що суперечить ВРЗС АС [10]) призвело до дуже оптимістичного висновку у звіті – ЗС може бути встановлена радіусом 7 км (більш точно – як об'єднання кіл радіусами 7 км з центрами, що знаходяться в геометричних центрах реакторних відділень енергоблоків Южноукраїнської АЕС). У звіті для Запорізької АЕС було зазначено, що імовірності усіх ЗПА не перевищують 10^{-7} рік⁻¹. Однак у ньому, зокрема, були представлені результати розрахунків ЗПА *“Втрата системи охолодження активної зони низького тиску в режимі відводу залишкових енерговиділень з відмовою функцій безпеки “Відвід тепла по 1 контуру”*”. Для цієї аварії була зазначена оцінка розмірів ЗС – 24 км. В обох звітах мали місце суттєві неточності щодо обґрунтування переліку аварій, які залучаються до розгляду, та величин викидів, які відповідають цим аваріям. Це й призвело до відносно оптимістичних результатів, які не перевищили розміри діючих ЗС. Повноцінне ж практичне застосування ВРЗС АС [10] продемонструвало б, що встановлені дозові рівні можуть досягатись на відстанях, значно більших ніж 30 кілометрів від АЕС. Отже обмеження імовірності для ЗПА, що залучаються до

As noted above, VRZS NPP [10] significantly mitigated (in comparison with VBVM NPP [9]) general requirements for establishment the OA sizes of NPPs, namely it should be used the criteria not for all countermeasures but only for evacuation and iodine prophylaxis, and the frequency of BDBAs involved for consideration is limited below. Nevertheless, the practical use of VRZS NPP [10] revealed some problems of its application. One of the main sources of these problems was item 1.4 of VRZS NPP [10], which stated *“the OA sizes of operating NPPs are specified in order to conform to these Requirements in the framework of periodic safety reassessment”*. First, the use of a word *“specified”* is interpreted as the necessity to review the OA sizes. Second, this item actually determines the obligation to review the OA sizes during each periodic safety reassessment which is performed for each power unit every 10 years (e.g., for ZNPP with 6 power units it means, tentatively speaking, 3 reviews every 5 years on average).

At the time of preparing the paper, reports regarding specification the OA sizes for two NPPs were prepared. In the report for YuUNPP only a flow through designed containment leaks during severe accidents while sprinkler system operates (the frequency is $9.57 \cdot 10^{-6}$ year⁻¹) was considered. Excluding more severe (and though more rare) accidents from the review (which contradicts VRZS NPP [10]) led to the very optimistic conclusion in the report – OA can be set with radius of 7 km (more accurately – as a union of circles with radii 7 km with centers located in the geometric centers of reactors of YuUNPP power units). The report for ZNPP stated that probabilities of all NPAs are not exceeding 10^{-7} year⁻¹. But in particular, it presented the calculation results for BDBA *“Loss of core cooling system of low pressure in heat removal mode with failure of safety functions “Heat removal in primary system”*”. For this accident, it was stated the assessment of the OA sizes is 24 km. Both reports have significant inaccuracies with substantiation the list of accidents involved in the consideration and release values, which correspond to those accidents. This led to relatively optimistic results that did not exceed the sizes of existing OAs. The full-fledged practical application of VRZS NPP [10] would demonstrate that the established dose levels may be achieved at distances much larger than 30 kilometers from NPP. So limitation of the probability for BDBAs that involved in the consideration

розгляду, рівнем 10^{-7} рік⁻¹ (яке сприймалось як таке, що відкидає надважкі аварії зі значними радіологічними наслідками) виявилось недостатнім для утримання розмірів ЗС у їх теперішніх межах.

Таким чином, виникає необхідність внесення певних змін у ВРЗС АС [10]. При цьому, як Державна інспекція з ядерного регулювання, так і Міністерство охорони здоров'я, спільним наказом яких було затверджено ВРЗС АС [10], вирішили за доцільне зберегти статус-кво поточних розмірів ЗС (30 кілометрів) для тих АЕС, для яких були підготовлені звіти щодо уточнення розмірів ЗС. Очевидно, що така точка зору стосується всіх діючих АЕС України. Зважаючи на те, що Україна планує імплементацію регулюючих вимог Євросоюзу в межах Договору про євроінтеграцію, найбільш простим методом вирішення проблемних питань зараз є внесення “косметичних” змін у ВРЗС АС [10]. На цей час розглядаються такі основні зміни у ВРЗС АС [10]:

- вилучення з п. 1.4 прив'язки перегляду розмірів ЗС до періодичної переоцінки безпеки;
- заміна у п. 1.4 згадування уточнення розмірів ЗС на більш нейтральне формулювання, наприклад, підтвердження розмірів ЗС вимогам ВРЗС АС [10];
- збільшення нижньої межі для імовірності тих аварій, що залучаються до розгляду, до рівня 10^{-5} рік⁻¹.

Запропоноване значення частоти 10^{-5} на реактор за рік згадується у ЗПБУ-2008 [3] у декількох аспектах. Це рівні, які не повинні перевищуватись для:

- значення частоти важкого пошкодження активної зони для енергоблоків АЕС, що проектуються;
- оцінного значення частоти важкого пошкодження активної зони для діючих енергоблоків АЕС, до якого необхідно прагнути;
- значення частоти ГАВ радіоактивних речовин у навколишнє природне середовище для діючих енергоблоків АЕС.

Зони спостереження АЕС і соціально-економічні питання

Функціонування ЗС АЕС (крім “моніторингового” та “протиаварійного” навантаження) безпосередньо пов'язане також з питаннями економічного та соціального характеру. ЗУ №39/95-ВР [1] містить важливі положення, що стосуються аспектів оподаткування і надання певних пільг у зв'язку з функціонуванням радіаційно-ядерних об'єктів (в т. ч., АЕС) і встановленням навколо них ЗС.

Цим Законом вводяться поняття “спеціальної соціальної інфраструктури” (“об'єкти, розташовані в

at the level 10^{-7} a⁻¹ (which is perceived as being rejected supersevere accidents with significant radiological consequences) turned out to insufficient to keep the OA sizes in their current boundaries.

Thus, there is a necessity to make certain changes in VRZS NPP [10]. However, the State Nuclear Regulatory Inspectorate and the Ministry of Health (which approved VRZS NPP [10] by the joint order) decided as appropriate to keep the status quo for current OA sizes (30 kilometers) for those NPPs for which reports have been prepared to specify the OA sizes. Evidently, this point of view applies to all existing NPPs in Ukraine. In view of Ukraine is planning to implement the regulatory requirements of the European Union within the Treaty on European integration, the simplest method to solve the problems now is to make “cosmetic” changes in VRZS NPP [10]. Now the following main changes in VRZS NPP [10] are considered:

- elimination from item 1.4 the dependence of review of OA sizes on periodic safety reassessment;
- replacement in item 1.4 the reference about the review of OA sizes by more neutral wording, e.g. by confirmation of OA sizes to requirements of VRZS NPP [10];
- increasing the lower limit for probability of accidents involved in consideration to level 10^{-5} year⁻¹.

Proposed frequency value 10^{-5} per reactor per year is mentioned in ZPBU-2008 [3] in several aspects. They are levels which should not be exceeded for:

- the frequency of severe core damage for designed power units of NPPs;
- the estimated frequency of severe core damage for existing power units of NPPs to which it is necessary to seek;
- the frequency of LER of radioactive substances into the environment for existing power units of NPPs.

Observation areas of NPPs and social and economic problems

The functioning of OA of NPP (in addition to “monitoring” and “emergency” load) also is directly related to economic and social issues. ZU 39/95-VR [1] contains important provisions regarding aspects of taxation and certain tax privileges in connection with the functioning of radiation and nuclear facilities (including NPPs) and with the establishment of OAs around them.

The Law introduced the concept of “special social infrastructure” (“objects located within the

межах адміністративно-територіальних одиниць ..., на території яких поширюються відповідні зони спостереження...”) та “соціально-економічної компенсації ризику для населення, яке проживає в зонах спостереження”.

У відповідності до ст. 12 ЗУ №39/95-ВР [1] “населення територій, на яких розміщуються ... ядерні установки, ... має право на соціально-економічну компенсацію ризику від їх діяльності, у тому числі на: ...

➤ створення та підтримання у справному стані об'єктів спеціальної соціальної інфраструктури, у тому числі захисних споруд, призначених для укриття і захисту населення, техніки та майна від дії радіаційного опромінення у разі радіаційної аварії. Забезпечення засобами індивідуального захисту та препаратами стабільного йоду у межах отриманих коштів відповідно до медичних нормативів...;

➤ пільги з оплати за спожиту електричну енергію для населення, яке постійно проживає в 30-кілометровій зоні атомних електростанцій...”

Згідно зі ст. 17 Закону України “Про електроенергетику” от 16.10.1997 г. №575/97-ВР [11] (ЗУ №575/97-ВР), “тариф на електроенергію для побутових споживачів, які постійно проживають у 30-кілометровій зоні атомних електростанцій, встановлюється у розмірі 70 відсотків діючого тарифу для відповідної групи населення”.

За ст. 12-1 ЗУ №39/95-ВР [1] фінансування заходів щодо соціально-економічної компенсації ризику населення, яке проживає на території ЗС, здійснюється за рахунок спеціального збору, платником якого у даному випадку є експлуатуюча організація ядерних установок. Ставка збору визначається “у розмірі одного відсотка обсягу реалізації електроенергії, що виробляється атомними електростанціями”.

Як впливає із ЗУ №39/95-ВР [1] і ЗУ №575/97-ВР [11], соціально-економічна компенсація ризику стосується населення, яке проживає в ЗС, і лише пільги на електроенергію введено стосовно 30-кілометрової зони. Оскільки на теперішній час розміри ЗС АЕС становлять 30 км, то і соціально-економічна компенсація ризику, і пільги на електроенергію стосуються одних і тих же контингентів населення. Якщо ж ЗС АЕС будуть відрізнятись від 30-кілометрової зони, то компенсація і пільги будуть стосуватись різних груп населення.

Цікавим є питання, що саме (який ризик) компенсується (чи повинно компенсуватись) вищевказаними заходами, і в якій мірі ці заходи є необхідними і/або достатніми. З одного боку, ст. 12 ЗУ №39/95-ВР [1] згадує компенсацію ризику, що може реалізуватись при радіаційних аваріях (функціо-

boundaries of administrative units ... which territory is covered by relevant observation areas...”) and “social and economic compensation of the risk for the population living in observation areas”.

According to the Article 12 of ZU 39/95-VR [1] “population in the areas where nuclear facilities ... are located... has the right to social and economic compensation of the risk of their operation including: ...

➤ creating and maintenance in good condition the special objects of social infrastructure, including protective structures intended for sheltering and protection of the public, equipment and property from the effects of radiation exposure in the event of a radiation accident. Provision of personal protection equipment and stable iodine within the received funds in accordance with medical standards...;

➤ tax privileges for payment for the consumed electricity for the population which permanently resides in the 30 kilometer zone of nuclear power plants...”

According to the Article 17 of the Law of Ukraine “On electric power” No. 575/97-VR (October 16, 1997) [11] (ZU 575/97-VR), “electricity tariff for household consumers permanently residing in the 30 kilometer zone of nuclear power plants is set at 70 percent of current tariff for the respective group of the population”.

According to the Article 12-1 ZU 39/95-VR [1], funding for social and economic compensation of the risk for the population living in OA is carried out at the expense of a special tax, and the payer in this case is the operating organization of nuclear installations. The tax rate is determined “at a rate of one percent of sales of electricity produced by nuclear power plants”.

As follows from ZU 39/95-VR [1] and ZU 575/97-VR [11], social and economic compensation of the risk concerns the population living in OA, and only tax privileges for the electricity are introduced with regard to the 30 km zone. Since now, the OA sizes of NPPs are 30 km, the social and economical compensation of the risk and tax privileges for the electricity are applied to the same contingent of population. If OAs of NPPs will be different from the 30 km zone, the compensation and tax privileges will be applied to different groups.

An interesting question is what (which risk) is compensated (or should be compensated) by the above measures, and to what extent these measures are necessary and/or sufficient. On the one hand, the Article 12 of ZU 39/95-VR [1] mentions the compensation of the risk that can be realized

нування споруд для укриття і захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту та препаратами стабільного йоду). З іншого боку, ця ж стаття торкається повсякденного існування (тобто, при нормальній експлуатації АЕС) – поліпшення умов проживання та праці населення, пільгові тарифи на електричну енергію.

Як відомо, для радіаційно-ядерних об'єктів НРБУ-97 [4] встановлюють квоти ліміту дози опромінення населення. Для АЕС ця квота складає 40 мкЗв за рахунок викидів і 40 мкЗв за рахунок скидів (з додатковим обмеженням для критичного виду водокористування – не більше 10 мкЗв). З урахуванням того, що фактичні викиди і скиди діючих АЕС формують незначний відсоток цих значень, то (якщо обговорювати виключно нормальну експлуатацію АЕС) вплив будь-якої з діючих АЕС України на населення не перевищує 1 % від доз, що формуються природним опроміненням. Така оцінка (1 %) є консервативною і стосується населення, що мешкає (чи може мешкати) відразу за кордоном СЗЗ (2,5–3 км від АЕС). Фактичні дози населення, що мешкає на значних відстанях від АЕС, (10–30 км) за рахунок нормальної експлуатації АЕС на 3 і більше порядків нижчі за фонові рівні. Отже виявити радіологічний вплив на населення при нормальній експлуатації АЕС практично неможливо, а тому складно говорити про необхідність компенсації якоїсь шкоди (однак це не означає, що така компенсація не є потрібною). У такому випадку наявність компенсації і пільг є, в першу чергу, психологічним чинником, оскільки може запобігати формуванню негативного ставлення до АЕС. З іншого боку, рівні опромінення персоналу, який працює на АЕС, можуть на порядок перевищувати фонові рівні опромінення, і певний радіологічний вплив на такі контингенти може бути виявлений і при нормальній експлуатації АЕС (хоча, звичайно, кількість таких осіб не дуже значна, а отже й виявлення є проблематичним). Тому для населення міст – супутників АЕС, де в основному і проживає постійний персонал АЕС, така компенсація і пільги виглядають не тільки більш доречними, а й обґрунтованими.

Якщо ж обговорювати компенсацію в контексті аварійної готовності і реагування, то її необхідність є більш ніж обґрунтованою. Наявність інфраструктури для забезпечення контрзаходів (укриття, йодна профілактика, ресурси для можливої евакуації і т. п.) є обов'язковою. Однак, при цьому постає інше питання – чи достатньо такої компенсації у випадку важкої аварії? Адже при важкій аварії необхідність,

under radiation accidents (functioning the structures for sheltering and protection, providing personal protection equipment and stable iodine). On the other hand, the same article relates to everyday existence (i.e. under normal operation of NPP) – improvement of living and working conditions of the population, reduced tariffs for electricity.

As is well known, NRBU-97 [4] establish quotas of dose limit for public exposure from radiation and nuclear facilities. For NPPs that quota is 40 μ Sv for gaseous discharges and 40 μ Sv for liquid discharges (with additional restriction to critical type of water use: less than 10 μ Sv). Taking into account the actual discharges of operating NPPs form a small percentage of these values, then (if only normal operation of NPPs is discussed) the effect of any existing NPP on the population of Ukraine does not exceed 1% of the dose formed by natural exposure. Such an assessment (1%) is conservative, it concerns the population living (or can live) right beyond the SPZ border (2,5–3 km from NPP). The actual doses of the population living far from NPP (10–30 km) under the normal operation of NPP are 3 or more orders of magnitude below the background levels. Thus detection of radiological impact on the population under normal operation of NPP is practically impossible, so it is difficult to discuss the necessity to compensate any detriment (but it does not mean that such compensation is not necessary). In this case, the existence of compensation and tax privileges is primarily psychological factor because it can prevent a negative attitude to NPP. On the other hand, the exposure levels of the personnel working at NPP may be order of magnitude higher than background levels of radiation, and a radiological impact on such contingents can be found even under normal operation of NPP (although, of course, the number of such persons is not significant, and therefore such identification is problematic). Therefore, for the population of satellite towns of NPPs, where permanent staff of NPP mainly lives, such compensation and tax privileges seem not only more appropriate but also substantiated.

If compensation is discussed in the context of emergency preparedness and response, its necessity is more than substantiated. Availability of infrastructure for protective actions (sheltering, iodine prophylaxis, resources for potential evacuation, etc.) is mandatory. However, it raises another question: is there enough of such compensation in the event of a severe accident? Under a severe accident

наприклад, йодної профілактики буде і за межами діючих ЗС АЕС, які зараз складають 30 км. Прикладом є аварія на Чорнобильській АЕС, в результаті якої Зона особливої радіаційної небезпеки ЧАЕС (більш відома за спрощеною назвою – “10-кілометрова зона”) простягається у західному напрямку приблизно на 45 кілометрів.

Отже, якщо мати на увазі безаварійну роботу АЕС, то компенсація, в деякій мірі, може здаватись недостатньо обґрунтованою (принаймні для значної відстані від АЕС). Однак, якщо розглядати ЗПА, то населення, яке потребуватиме реалізації компенсаційних заходів, може проживати за межами ЗС, а отже на цей час не є суб'єктом соціально-економічної компенсації такого ризику.

ОБГОВОРЕННЯ

Із розгляду, наведеного у попередньому розділі, випливає, що зона спостереження АЕС у законодавстві України трактується і використовується як територія:

- де можливий вплив радіоактивних скидів і викидів АЕС і де здійснюється моніторинг (за ЗУ №39/95-ВР [1], НРБУ-97 [4], ОСПУ [2] і ЗПБУ-2008 [3]);
- що є елементом забезпечення аварійної готовності і реагування (за ЗПБУ-2008 [3], ВБВМ АС [9] і ВРЗС АС [10]), тобто певним аналогом аварійних зон, як їх визначають документи МАГАТЕ [5, 6];
- де населення зазнає певного ризику, який потребує соціально-економічної компенсації та певних пільг (за ЗУ №39/95-ВР [1] і ЗУ №575/97-ВР [11]).

Таке багатоцільове та різновекторне навантаження на ЗС призводить до неможливості одночасного повноцінного виконання нею усіх покладених на неї функцій. Найбільш гострим є протиріччя між “моніторинговою” та “протиаварійною” функціональностями ЗС.

Для вирішення цієї проблеми слід виокремити “протиаварійні” аспекти і винести їх з вимог до ЗС, наділивши ними інші (“аварійні”) зони, як це передбачається документами МАГАТЕ [5, 6].

Як відомо, в межах Договору про євроінтеграцію, Україна планує імплементацію регулюючих вимог Євросоюзу. З появою нових Міжнародних основних норм безпеки МАГАТЕ “Радіаційний захист та безпека джерел випромінювання: Міжнародні основні норми безпеки” [12] та нової директиви Європейської комісії Council Directive 2013/59/Euratom від 5 грудня 2013 року [13] це означає необхідність повно-

the necessity, for instance, of iodine prophylaxis will be outside of existing OAs of NPPs which now constitute 30 km. An example is the accident at the Chornobyl NPP as a result of which the Zone of special radiation hazard of ChNPP (better known under the simplified name – “the 10 kilometers zone”) extends to the west for about 45 kilometers.

Therefore, bearing in mind the accident-free operation of NPPs the compensation to some extent may seem insufficiently grounded (at least for a significant distance from NPPs). However, if BDBAs are considered, the population required the implementation of compensatory measures may live outside OA and therefore, at this time, is not a subject of social and economic compensation of this risk.

DISCUSSION

An examination in the previous section shows that observation area of NPP in Ukrainian legislation is interpreted and used as an area:

- where the impact of radioactive liquid and gaseous releases is possible and where the monitoring is carried out (under ZU 39/95-VR [1], NRBU-97 [4], OGPU [2] and ZPBU-2008 [3]);
- that is an element of ensuring emergency preparedness and response (under ZPBU-2008 [3], VBVM NPP [9] and VRZS NPP [10]), i.e. it is a certain analogue of emergency zones as defined by the IAEA documents [5, 6];
- where the population is exposed to a certain risk that needs social and economic compensation and certain tax privileges (under ZU 39/95-VR [1] and ZU 575/97-VR [11]).

Such a multipurpose and multidirectional load on OA leads to the impossibility of simultaneous full-fledged performing of all its functions. The most acute is the contradiction between “monitoring” and “emergency” functionality of OA.

To solve this problem it is to distinguish “emergency” aspects and take out them from the requirements for OA, giving them to other (“emergency”) zones, as it provided by the IAEA documents [5, 6].

As is well known, within the Treaty on European integration Ukraine is planning to implement the regulatory requirements of the European Union. With new “Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards” [12] of the IAEA and new EU Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 [13] that means the necessity for a full-scale review of

масштабного перегляду законодавства України, в тому числі стосовно зон довкола радіаційно-ядерних об'єктів та аварійної готовності і реагування.

У зв'язку з вищевикладеним пропонуються такі зміни у законодавчих і нормативних документах (при згадуванні документів маються на увазі діючі документи або документи, що будуть випущені їм на заміну):

- ввести у законодавстві України поняття аварійних зон: “зона планування термінових захисних заходів” (urgent protective action planning zone) і “зона попереджувальних заходів” (precautionary action zone) відповідно до визначень у [5, 6];
- у положеннях документів, що стосуються аварійної готовності і реагування, замість ЗС використовувати відповідні аварійні зони (у т. ч., у ЗУ №39/95-ВР [1], ЗПБУ-2008 [3], ВБВМ АС [9]);
- вимоги щодо соціально-економічної компенсації ризику від діяльності радіаційно-ядерних об'єктів у ЗУ №575/97-ВР [11] викласти стосовно аварійних зон;
- вилучити з ВБВМ АС [9] положення, що стосуються використання граничного аварійного викиду для визначення розмірів ЗС (або після заміни – аварійних зон);
- документ ВРЗС АС [10] і його методологію використовувати не для визначення розмірів ЗС, а для визначення розмірів аварійних зон, змінивши відповідним чином його назву;
- вимоги до ЗС встановлювати виключно у відповідності до визначень ЗУ №39/95-ВР [1], НРБУ-97 [4], ОСПУ [2] (тобто залишити за ЗС лише “моніторингове” призначення);
- залишити розміри ЗС АЕС у поточному стані (30 км); питання про можливе зменшення розмірів ЗС АЕС (наприклад, до 15–20 км) повинно вирішуватись регулюючими органами централізовано (для усіх АЕС, а не окремо для кожної АЕС).

Імплементация зазначених положень дозволить не тільки вирішити проблеми із зонуванням довкола АЕС та інших радіаційно-ядерних об'єктів, але й гармонізувати законодавство України з регулюючими вимогами Євросоюзу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України від 2 лютого 1995 року N39/95-ВР // Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – 1995. – № 12. – Ст. 81.
2. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Державні санітарні правила // Офіційний вісник України. – Офіц. вид. – 2005. – № 23. – Ст. 1322.

Ukrainian legislation, including the requirements regarding the zones around radiation and nuclear facilities and emergency preparedness and response.

In view of the above-stated, the following changes in legislative and regulatory documents are proposed (at the mention of the documents it is implied existing documents or documents to be produced to replace them):

- to introduce into the Ukrainian legislation the concept of emergency zones: “urgent protective action planning zone” and “precautionary action zone” in accordance with the definitions in [5, 6];
- to use appropriate emergency zones instead of OA in the provisions of documents relating to the emergency preparedness and response (including ZU 39/95-VR [1], ZPBU-2008 [3], VBVM NPP [9]);
- requirements regarding social and economic compensation of the risk from the operation of radiation and nuclear facilities in ZU 575/97-VR [11] should be stated regarding emergency zones;
- to remove from VBVM NPP [9] the provisions relating to use the limiting emergency release for determining the OA sizes (or after replacements – the sizes of emergency zones);
- to use VRZS NPP [10] and its methodology not for determining the OA size but for determining the sizes of emergency zones, changing its name accordingly;
- to establish requirements for OA exclusively in accordance with the definitions of ZU 39/95-VR [1], NRBU-97 [4], OSPU [2] (i.e. to keep only “monitoring” purposes for OA);
- to set a current fixed size (i.e. 30 kilometers) for NPP OA; issue on possible decrease of NPP OA should be solved by the governing bodies in a centralized way (for all the NPPs but not for a specific NPP).

The implementation of these provisions will not only solve the problem of zoning around NPPs and other radiation and nuclear facilities but also will harmonize Ukrainian legislation with the EU regulatory requirements.

REFERENCES

1. [On use of nuclear power and radiation safety. The Law of Ukraine No. 39/95-VR (February 2, 1995). The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (BVRU). 1995;(12):Art. 81. Ukrainian.
2. [Basic sanitary rules for radiation protection of Ukraine. State sanitary rules]. The Official Bulletin of Ukraine. 2005;(23):Art. 1322. Ukrainian.

3. Загальні положення безпеки атомних станцій // Офіційний вісник України. – Офіц. вид. – 2008. – № 9. – Ст. 226.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. – К. : [б. в.], 1998. – 198 с.
5. Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. – Vienna : International Atomic Energy Agency, 2002. – 145 p. – (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GS-R-2).
6. Arrangement for preparedness for a nuclear or radiological emergency. – Vienna : International Atomic Energy Agency, 2007. – 72 p. – (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GS-G-2.1).
7. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання : Закон України від 14 січня 1998 року N15/98-ВР // Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – 1998. – № 22. – Ст. 115.
8. Пристер Б. С. Чернобыльская катастрофа: эффективность мер защиты населения, опыт международного сотрудничества / Б. С. Пристер, Р. М. Алексахин, В. Г. Бебешко. – К. : Украинское ядерное общество, 2007. – 64 с.
9. Про затвердження Вимог з безпеки до вибору майданчика для розміщення атомної станції : наказ, Вимоги від 07.04.2008 № 68 / Держатомрегулювання України // Офіційний вісник України. – Офіц. вид. – 2008. – № 39. – Ст. 1315.
10. Про затвердження Вимог щодо визначення розмірів і меж зони спостереження атомної електричної станції : наказ, Вимоги від 07.11.2011 № 153/766 / Держатомрегулювання, МОЗ України // Офіційний вісник України. – Офіц. вид. – 2011. – № 94. – Ст. 3444.
11. Про електроенергетику : Закон України від 16 жовтня 1997 року N575/97-ВР // Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – 1998. – № 1. – Ст. 1.
12. Radiation protection and safety of radiation sources : international basic safety standards. – Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014. – 436 p. – (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GSR, Pt 3).
13. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation // Official Journal of the European Union. – 2014. – Vol. 57. – P. 1–73.
3. [General safety regulations of nuclear power plants]. The Official Bulletin of Ukraine. 2008;(9):Art. 226. Ukrainian.
4. [Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97). State hygiene standards]. Kyiv: [s. n.]; 1998. 198 p. Ukrainian.
5. International Atomic Energy Agency. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GS-R-2). Vienna: International Atomic Energy Agency; 2002. 145 p.
6. International Atomic Energy Agency. Arrangement for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency. (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GS-G-2.1). Vienna: International Atomic Energy Agency; 2007. 72 p.
7. [On protection of a human against the exposure to ionizing radiation. The Law of Ukraine No. 15/98-VR (January 14, 1998). The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (BVRU). 1998;(22):Art. 115. Ukrainian.
8. Prister BS, Alexakhin RM, Bebeshko VG. [Chernobyl accident: effectiveness of measures of public protection, experience of international cooperation]. Kyiv: Ukrainian nuclear society; 2007. 64 p. Russian
9. [Safety requirements for site selection for the placement of a nuclear power plant]. The Official Bulletin of Ukraine. 2008;(39):Art. 1315. Ukrainian.
10. [Requirements as to determination the sizes and boundaries for the observation area of a nuclear power plant. The Official Bulletin of Ukraine. 2011;(94):Art. 3444. Ukrainian.
11. [On electric power. The Law of Ukraine No. 575/97-VR (October 16, 1997). The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (BVRU). 1998;(1):Art. 1. Ukrainian.
12. International Atomic Energy Agency. Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards. (IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. GSR, Pt 3). Vienna: International Atomic Energy Agency; 2014. 436 p.
13. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation. Official Journal of the European Union. 2014;57:1-73.

Стаття надійшла до редакції 30.07.2015

Received: 30.07.2015